

Wpływ telefonu komórkowego na pracę rozrusznika serca

Adam Curyło, Grzegorz Bilo, Mariusz Ślosarczyk i Kalina Kawecka-Jaszcz

I Klinika Kardiologii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

The influence of mobile phone on cardiac pacemaker function

Introduction: *Because of increasing popularity of mobile phones, a question arises of their possible interference with electronic devices including cardiac pacemakers. The aim of the study was to assess whether mobile phones interfere with the function of cardiac pacemakers.*

Material and methods: *63 patients (35 women and 28 men, age 70.3) with implanted pacemaker (39 patients — VVI, 18 — DDD, 5 — AAI and 1 — VDD stimulation) were included in the study. 33 of them were exposed to a mobile phone working in digital 900 MHz system and the remaining 30 to a phone working in digital 1800 MHz system. ECG was continuously monitored during the exposure. The tests were carried out in different telephone placements and in different modes of telephone function. They were repeated with the original pacemaker settings as well as after changing sensitivity and frequency of stimulation.*

Results: *No disturbances in pacemaker function, which could be attributable to the influence of mobile telephone, were observed in any of the subjects.*

Conclusion: *The mobile phones that are currently used do not seem to interfere with the function of cardiac pacemakers.* (Folia Cardiol. 2002; 9: 117–122)

pacemakers, mobile phones, electromagnetic interference

Wstęp

W ciągu ostatnich kilku lat w Polsce doszło do znacznego wzrostu liczby użytkowników telefonów komórkowych. Jednocześnie pojawiły się pytania o konsekwencje medyczne tego zjawiska, w szczególności dotyczące oddziaływania tych aparatów na urządzenia, od których bezpośrednio zależy ludzkie życie, czyli kardiostymulatorów. W Polsce przeprowadzono dotychczas jedynie nieliczne badania oceniające występowanie zakłóceń rozruszników serca pod wpływem działania telefonu komórkowego [2].

Z teoretycznego punktu widzenia wpływ telefonu komórkowego na kardiostymulator wiąże się

z emitowaniem fali elektromagnetycznej przez telefon. W sytuacji gdy znajduje się on w pobliżu kardiostymulatora, może spowodować różnorodne zakłócenia, przede wszystkim w postaci zahamowania stymulacji komór, wyzwolenia czynności (głównie rozruszniki DDD) lub przejścia na sztywny rytm (stymulacja VOO).

Celem przedstawionego badania była ocena częstości i charakteru zakłóceń działania rozrusznika pod wpływem telefonu komórkowego oraz analiza czynników wpływających na występowanie tych zakłóceń u pacjentów z wszczepionymi kardiostymulatorami.

Materiał i metody

Badaniem objęto 63 niezależnych od rozrusznika pacjentów (35 mężczyzn, 28 kobiet, średni wiek 70,3 lat) pozostających pod kontrolą Poradni Przyklinicznej. Spośród przebadanych rozruszników 18 pracowało w trybie DDD, 39 — w VVI,

Adres do korespondencji: Lek. Grzegorz Bilo

I Klinika Kardiologii CMUJ

ul. Kopernika 17, 31–501 Kraków

Nadesłano: 25.10.2001 r. Przyjęto do druku: 16.01.2002 r.

5 — w AAI oraz 1 — w VDD. Charakterystykę chorych wraz z typami rozruszników i trybami stymulacji przedstawiono w tabeli 1. Wszyscy, oprócz jednego pacjenta, mieli wszczepione stymulatory firmy Biotronik.

U 33 pacjentów badanie przeprowadzono przy użyciu telefonu Nokia 2110, pracującego w systemie GSM (900 MHz, maksymalna moc 2 W, sieć Plus GSM), zaś u pozostałych 30 — przy użyciu aparatu Siemens C25, pracującego w systemie DCS (1800 MHz, maksymalna moc 1 W, sieć Idea).

W tabeli 2 przedstawiono charakterystykę badanych grup.

Badanie przeprowadzono po zaakceptowaniu protokołu przez Komisję Bioetyczną i po poinformowaniu i uzyskaniu pisemnej zgody od każdego pacjenta.

Podczas badania telefon umieszczano w następujących lokalizacjach:

- bezpośrednio nad rozrusznikiem;
- ponad przypuszczalną lokalizacją końca elektrody;

Tabela 1. Modele rozruszników i tryby stymulacji u 63 pacjentów

Table 1. Pacemakers types and pacing modes in 63 patients

Lp.	Model	Tryb rozrusznika	Grupa stymulacji	Lp.	Model rozrusznika	Tryb stymulacji	Grupa
1.	Pikos 01	VVI	GSM	33.	Kairos S	DDD	GSM
2.	Pikos 01	VVI	GSM	34.	Pikos 01	VVI	DCS
3.	Kairos SR	VVI	GSM	35.	Kairos S	VVI	DCS
4.	Logos	DDD	GSM	36.	Kairos D	DDD	DCS
5.	Pikos 01	VVI	GSM	37.	Pikos 01	VVI	DCS
6.	TUR LCP 201	VVI	GSM	38.	Pikos 01	VVI	DCS
7.	Pikos 01	VVI	GSM	39.	Actros S	VVI	DCS
8.	Pikos 01	VVI	GSM	40.	Kairos S	VVI	DCS
9.	Neos 02	VVI	GSM	41.	Actros S	DDD	DCS
10.	Neos 02	VVI	GSM	42.	Kairos SR	AAI	DCS
11.	Physios TC01	DDD	GSM	43.	Kairos SL	VDD	DCS
12.	Physios TC01	DDD	GSM	44.	Kairos D	DDD	DCS
13.	Kairos D	DDD	GSM	45.	Kairos SR	VVI	DCS
14.	Actros S	VVI	GSM	46.	Kairos SR	AAI	DCS
15.	Physios TC01	DDD	GSM	47.	Pikos 01	VVI	DCS
16.	Neos 02	VVI	GSM	48.	Kairos S	VVI	DCS
17.	Neos 02	AAI	GSM	49.	Pikos 01	VVI	DCS
18.	Physios TC01	DDD	GSM	50.	Kairos S	AAI	DCS
19.	Pikos 01	VVI	GSM	51.	Kairos S	VVI	DCS
20.	Physios TC01	DDD	GSM	52.	Kairos S	VVI	DCS
21.	Neos 02	VVI	GSM	53.	Pikos 01	VVI	DCS
22.	Pikos E01	VVI	GSM	54.	Kairos D	DDD	DCS
23.	Physios TC01	DDD	GSM	55.	Actros S	VVI	DCS
24.	Vitatron C4122	VVI	GSM	56.	Physios 01	VVI	DCS
25.	Physios TC01	DDD	GSM	57.	Actros S	VVI	DCS
26.	Neos 02	VVI	GSM	58.	Actros SR	VVI	DCS
27.	Kairos D	DDD	GSM	59.	Pikos 01	VVI	DCS
28.	Pikos 01	AAI	GSM	60.	Actros D	DDD	DCS
29.	Physios 01	DDD	GSM	61.	Pikos LP	VVI	DCS
30.	Kairos S	VVI	GSM	62.	Kairos S	VVI	DCS
31.	Kairos S	VVI	GSM	63.	Actros D	DDD	DCS
32.	Actros S	VVI	GSM				

Tabela 2. Charakterystyka badanych grup**Table 2.** Data of study groups

Cecha	Grupa GSM	Grupa DCS	Razem
Płeć	M: 20 (61%) K: 13 (39%)	M: 15 (50%) K: 15 (50%)	M: 35 (56%) K: 28 (44%)
Wiek [lata]	71,9 ± 8,8	68,5 ± 11,0	70,3 ± 10,0
Wzrost [cm]	167 ± 10	167 ± 11	167 ± 11
Masa ciała [kg]	72,4 ± 13,6	71,5 ± 12,6	71,9 ± 13,0
BMI [kg/m ²]	25,7 ± 3,8	25,5 ± 3,9	25,6 ± 3,8
Tryb stymulacji:			
VVI	19 (58%)	20 (67%)	39 (62%)
DDD	12 (36%)	6 (20%)	18 (28%)
VDD	0	1 (3%)	5 (8%)
AAI	2 (6%)	3 (10%)	1 (2%)

- przy uchu — po stronie rozrusznika oraz po przeciwnej stronie ciała;
- przy pasie po stronie rozrusznika.

W trakcie badania przy umieszczeniu telefonu bezpośrednio nad rozrusznikiem dodatkowo zmieniano położenie telefonu (obróć w płaszczyźnie poziomej), by uwzględnić ewentualną niejednorodność emitowanego pola elektromagnetycznego.

W każdej z wymienionych lokalizacji badanie prowadzono w następujących fazach pracy telefonu:

- czuwanie;
- połączenie wychodzące (wybieranie numeru i dzwonek (5 s), rozmowa (10 s), rozłączenie);
- połączenie przychodzące (dzwonek (5 s), odbiór, połączenie (5 s), rozłączenie).

Badanie prowadzono najpierw przy niezmiennych parametrach stymulacji, a następnie powtarzano po ich zmianie:

- po zwiększeniu do maksimum czułości rozrusznika (z wyjątkiem rozruszników VVI — patrz dalej);
- po zwiększeniu częstości stymulacji do wytłumienia własnego rytmu pacjenta;
- u pacjentów z elektrodą dwubiegunową podczas stymulacji jedno-, jak i dwubiegunowej.

Podczas badania prowadzono monitorowanie EKG z dwóch odprowadzeń z możliwością zapisu w razie wystąpienia zaburzeń.

Aby uzyskać jak największą moc pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez telefon komórkowy, badanie u 12 (po 6 z każdej grupy) losowo wybranych pacjentów prowadzono w pomieszczeniu, w którym sygnał stacji bazowej był bardzo słaby.

Wyniki

U żadnego z badanych pacjentów, niezależnie od lokalizacji, trybu pracy telefonu oraz parametrów rozrusznika nie wystąpiły zakłócenia funkcji kardiostymulatora, które można by wiązać z pracą telefonu komórkowego. Jedynym obserwowanym zakłóceniem było wyhamowanie stymulacji przy maksymalnej czułości rozrusznika u jednego z pacjentów, prawdopodobnie związane z odebraniem przez rozrusznik czynności elektrycznej mięśni piersiowych (utrzymywało się także, gdy telefonu nie było w pobliżu).

W czasie badania zrezygnowano ze zwiększania do maksimum czułości w przypadku rozruszników VVI ze względu na dużą częstość niespecyficznych zakłóceń funkcji rozrusznika.

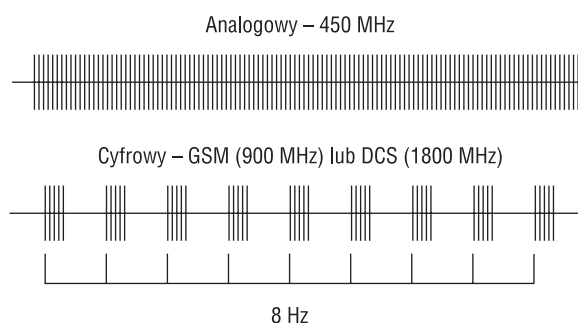
Dyskusja

Rozrusznik serca jako urządzenie elektroniczne jest podatny na fale elektromagnetyczne. Opisywano zakłócenia funkcji kardiostymulatorów spowodowane przez różne urządzenia emitujące fale elektromagnetyczne. W latach 90. szczególne zainteresowanie wzbudził wpływ telefonów komórkowych i pojawiło się wiele doniesień wskazujących na występowanie zakłóceń funkcji rozrusznika w obecności pracującego telefonu komórkowego. Zaburzenia były przemijające i nie opisano trwałego uszkodzenia funkcji rozrusznika pod wpływem telefonu. Jak dotąd w największym opublikowanym badaniu, które przeprowadzili Hayes i wsp., u 980 pacjentów zaburzenia obserwowano w 20% testów,

głównie podczas używania telefonu cyfrowego pracującego w pasmie 800 MHz (amerykański system TDMA-11 odpowiadający systemowi GSM), podczas gdy w przypadku systemu analogowego i cyfrowego 1900 MHz częstość zakłóceń wynosiła odpowiednio 2,5% i 1,2% [4]. W największym badaniu europejskim obejmującym 200 chorych Altamura i wsp. zaobserwowali zakłócenia w 21,5% testów z użyciem telefonu cyfrowego i w 17,5% testów z użyciem telefonu analogowego [6]. W innych badaniach częstość zaburzeń funkcji rozrusznika pod wpływem telefonu GSM mieściła się w zakresie 0–26% [3, 8–10]. Częstość zakłóceń, a także maksymalna odległość telefonu od rozrusznika, przy której występowały zakłócenia była większa w badaniach technicznych urządzeń w warunkach laboratoryjnych [1, 2], natomiast w badaniach klinicznych zakłócenia występowały u mniejszego odsetka pacjentów i przy odległości telefon-rozrusznik do 20 cm [3–10]. W najbardziej szczegółowym badaniu Hayesa i wsp. [4] zakłócenia polegały najczęściej na zaburzeniach sterowania potencjałami przedsionkowymi, zahamowaniu stymulacji komorowej oraz przejściu na awaryjny sztywny rytm komorowy w reakcji na hałas elektromagnetyczny. Objawy związane z dysfunkcją rozrusznika występowały jedynie w 7,2% testów, miały łagodny charakter: były to kołatania serca (4,5% testów), zawroty głowy (1,2%) i stany przedomdleniowe (0,2%). Wykazano również istnienie czynników zwiększających prawdopodobieństwo zakłóceń, takich jak: ekspozycja na telefon cyfrowy, elektroda przedsionkowa jednobiegunowa, rozrusznik dwujamowy, częściowa lub całkowita zależność rytmu serca od rozrusznika, brak filtra zakłóceń elektromagnetycznych w rozruszniku [4]. Wyniki innych badań były zbliżone, choć zidentyfikowano również inne czynniki zwiększające ryzyko wystąpienia zakłóceń (maksymalna czułość rozrusznika, duża moc emisji telefonu) [3, 6].

Częstsze występowanie zaburzeń w obecności telefonu cyfrowego tłumaczy się charakterystyką emisji fal elektromagnetycznych przez taki telefon (ryc. 1). Emitowane przez telefon pulsy o częstotliwości 8 Hz (w tzw. trybie DTX) mogą być interpretowane przez rozrusznik jako czynność bioelektryczna serca i powodować zahamowanie stymulacji (elektrody komorowe) lub fałszywe pobudzenie elektrody przedsionkowej powodujące stymulację komory (rozruszniki DDD), bądź jako hałas elektromagnetyczny i prowadzić do usztywnienia rytmu. [5]

W niniejszym badaniu zaburzeń funkcji rozrusznika nie zaobserwowano w żadnym przypadku. Choć jest to w pewnym stopniu sprzeczne z innymi doniesieniami, jednak między przeprowadzonymi



Rycina 1. Schematyczne przedstawienie charakterystyki fal elektromagnetycznych emitowanych przez telefon komórkowy. Telefon w sieci analogowej emituje sygnał ciągły, natomiast w sieci cyfrowej w postaci pulsów o częstotliwości 8 Hz

Figure 1. Schematic representation of electromagnetic waves emitted by cellular telephone. Analogue phones are characterised by continuous emission, whereas signal emitted by digital phones is organised in 8 Hz frequency bursts

badaniami istnieją na tyle znaczące różnice metodologiczne, że ich proste porównanie nie zawsze jest możliwe. I tak, większość opisanych w światowym piśmiennictwie badań *in vivo* prowadzono według „czarnego scenariusza”, a więc w warunkach największej mocy telefonu oraz największej wrażliwości rozrusznika na zakłócenia (maksymalna czułość). W niniejszej pracy z różnych względów nie stworzono takich warunków (nie badano rozruszników VVI przy największej czułości, nie było możliwości technicznych uzyskania maksymalnej mocy telefonu). Nie pozwala to zatem stwierdzić całkowitego braku wpływu telefonów komórkowych na rozruszniki serca, natomiast wskazuje na niewielkiego stopnia zagrożenie w warunkach życia codziennego.

Ponadto należy zwrócić uwagę na pewną specyfikę polskich warunków. W zakresie telefonii komórkowej nie ma większych różnic w porównaniu z krajami Europy Zachodniej, natomiast np. w Stanach Zjednoczonych znacznie większe znaczenie ma telefonia analogowa, która jak wiadomo, ma mniejszy wpływ na rozruszniki niż system cyfrowy. Prawdopodobnie nie bez znaczenia jest również fakt, że w Polsce dominują rozruszniki firmy Biotronik. W dotychczas prowadzonych badaniach rozruszniki tej firmy stanowiły stosunkowo niewielki odsetek, natomiast większość badanych przez autorów rozruszników to nowsze modele (np. Actros, Kairos), na temat których nie ma jeszcze danych. W badaniu *in vitro* Irnicha i wsp. spośród stosowanych w niniejszej pracy modeli oceniano rozruszniki Neos 02, Physios, Physios

TC 01 oraz Pikos 01 i żaden z nich nie wykazał wrażliwości na pole elektromagnetyczne emitowane przez telefon [1]. Natomiast w badaniach Pałko i wsp. rozruszniki Neos 02 i Physios 01 wykazywały w warunkach *in vitro* zakłócenia, ale tylko przy odległości telefonu do 12 cm [2]. Wydaje się więc, że nowsze modele rozruszników są skuteczniej zabezpieczone przed polem elektromagnetycznym, co mogło mieć wpływ na wyniki badania.

Biorąc pod uwagę powyższe informacje, prawdopodobnie telefony komórkowe pracujące w systemach cyfrowych nie stanowią obecnie znaczącego zagrożenia dla pacjenta z wszczepionym rozrusznikiem serca. Jednak uwzględniając wyniki wcześniejszych badań, należy zalecać pacjentom za-

chowanie prostych środków ostrożności — trzymanie telefonu z dala od rozrusznika.

Ponadto należy stwierdzić, iż celowe są dalsze badania wpływu telefonu komórkowego na rozrusznik, w szczególności dotyczące odporności na zakłócenia nowszych typów rozruszników.

Wnioski

1. Telefon komórkowy nie stanowi istotnego zagrożenia dla pacjenta z wszczepionym rozrusznikiem serca.
2. Dla pełnego bezpieczeństwa chory z wszczepionym rozrusznikiem, używający telefonu komórkowego powinien przestrzegać zasady trzymania go możliwie najdalej od rozrusznika.

Streszczenie

Wpływ telefonu komórkowego na pracę rozrusznika serca

Wstęp: Rosnące rozpowszechnienie telefonów komórkowych wiąże się z ryzykiem zakłócania przez emitowane pole elektromagnetyczne funkcji urządzeń elektronicznych, w tym rozruszników serca. Celem pracy była ocena wpływu telefonu komórkowego pracującego w sieci cyfrowej na funkcjonowanie rozrusznika serca.

Materiał i metody: Badaniem objęto 63 pacjentów (35 kobiet i 28 mężczyzn, średni wiek 70,3 lat) z wszczepionym rozrusznikiem serca (39 pacjentów — stymulacja VVI, 18 — stymulacja DDD, 5 — stymulacja AAI, 1 — stymulacja VDD). U 33 pacjentów badanie przeprowadzono z użyciem telefonu pracującego w systemie cyfrowym GSM na częstotliwości 900 MHz, a u pozostałych 30 osób — telefonu pracującego w systemie cyfrowym na częstotliwości 1800 MHz. W trakcie badania kontrolowano funkcję rozrusznika, monitorując EKG przy różnych lokalizacjach i w różnych fazach pracy telefonu. Badanie wykonano przy początkowo niezmiennych parametrach stymulacji, a następnie powtarzano po zmianach czułości i częstości stymulacji.

Wyniki: U żadnego z badanych (niezależnie od rodzaju stymulacji, częstotliwości, lokalizacji i fazy pracy telefonu oraz parametrów stymulacji) nie stwierdzono zaburzeń pracy rozrusznika, które można by wiązać z wpływem telefonu komórkowego.

Wnioski: Zastosowane w badaniu modele telefonów komórkowych nie powodują zakłóceń pracy rozruszników serca. (Folia Cardiol. 2002; 9: 117–122)

rozzrusznik serca, telefon komórkowy, zakłócenia elektromagnetyczne

Piśmiennictwo

1. Irnich W., Batz L., Müller R., Tobisch R. Electromagnetic interference of pacemakers by mobile phones. PACE 1996; 19: 1431–1446.
2. Pałko T., Sadowski Z., Bochenek G. Wpływ pola elektromagnetycznego wielkiej częstotliwości na elektrostymulatory. Materiały Konferencji: „Nowoczesne systemy telefonii komórkowej a zdrowie człowieka”. Warszawa 03.07.1997; 29–34.
3. Naegeli B., Osswald S., Deola M., Burkart F. Intermittent pacemaker dysfunction caused by digital mobile telephones. J. Am. Coll. Cardiol. 1996; 27: 1471–1477.
4. Hayes D.L., Wang P.J., Reynolds D.W., Estes III M., Griffith J.L., Steffens R.A. i wsp. Interference with cardiac pacemakers by cellular telephones. N. Eng. J. Med. 1997; 336: 1473–1479.

5. Hayes D.L., Carillo R.G., Findlay G.K., Embrey M. State of the science: Pacemaker and defibrillator interference from wireless communication devices. PACE 1996; 19: 1419–1430.
6. Altamura G., Toscano S., Gentilucci G., Ammirati F., Castro A., Pandozi C., Santini M. Influence of digital and analogue cellular telephones on implanted pacemakers. Eur. Heart J. 1997; 18: 1632–1641.
7. Barbaro V., Bartolini P., Donato A., Militello C., Altamura G., Ammirati F. i wsp. Do european GSM mobile cellular phones pose a potential risk to pacemaker patients? PACE 1995; 18: 1218–1224.
8. Hofgärtner F., Müller T., Sigel H. Können Mobil-Telefone im C- und D-Netz Herzschrittmacher-Patienten gefährden? Dtch. Med. Wschr. 1996; 121: 646–652.
9. Nowak B., Rosocha S., Zellerhoff C., Liebrich A., Himmrich E., Voigtländer T. i wsp. Is there a risk for interaction between mobile phones and single lead VDD pacemakers. PACE 1996; 19: 1447–1450.
10. Wilke A., Grimm W., Funck R., Maisch B. Influence of D-Net (European GSM-standard) cellular phones on pacemaker function in 50 patients with permanent pacemakers. PACE 1996; 19: 1456–1458.